



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

NÁVRH MALÉHO SOUSTRUHU NA DŘEVO

DESIGN OF A SMALL LATHE FOR WOOD

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michal Ržonca

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Pavlík, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Michal Ržonca**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Jan Pavlík, Ph.D.**
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh malého soustruhu na dřevo

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhněte a konstrukčně zpracujte řešení malého soustruhu na dřevo. Výkon cca 500 W, точná délka 750 mm, max. průměr obrobku 300 mm.

Cíle bakalářské práce:

Rozbor současného stavu vědy a techniky u řešené problematiky.
Systémový rozbor řešené problematiky, návrh a zdůvodnění zvoleného způsobu řešení zadaného úkolu.
Návrh variant řešení a zdůvodnění výběru konkrétního řešení.
Konstrukční návrh zvolené varianty – 3D model.
Výpočtová zpráva.
Výkresová dokumentace vybraných uzlů.
Vlastní závěry a doporučení pro praxi.

Seznam doporučené literatury:

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS, VLK, Miloš, ed. Konstruování strojních součástí. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

JOSTEN, Elmar, Thomas REICHE a Bernd WITTCHEN. Dřevo a jeho obrábění. Praha: Grada, 2010. Průvodce truhláře. ISBN 978-80-247-2961-9.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Hlavným cieľom tejto bakalárskej práce je vytvoriť konštrukčné riešenie malého sústruhu na drevo podľa parametrov zadania. Najskôr sa venuje súčasnému stavu vedy a techniky v danej oblasti, následne je realizovaná prieskum dostupných produktov na trhu, ktoré majú podobné parametre. Následne sú navrhnuté varianty konštrukčných riešení, z ktorých je vybraná tá, ktorá najviac vyhovuje a je vypracovaný 3D model, výkresová dokumentácia a výpočtová správa tejto varianty.

Kľúčové slová

Malý sústruh na drevo, konštrukčné riešenie

ABSTRACT

The main aim of this bachelor thesis is to create design of small woodturning lathe. First part is describing the actual state of modern woodturning lathe and the past. Second part is analysis of products on market. The more possible solutions are created and one of them is chosen. The result is 3D model of lathe with drawing and computational documentation.

Key words

Small woodturning lathe, constructional solution

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

RŽONCA, Michal. *Návrh malého soustruhu na dřevo*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/117363>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Jan Pavlík.

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som bakalársku prácu na tému Návrh malého soustruhu na dřevo vypracoval samostatne s použitím odbornej literatúry a prameňov, uvedených v zozname, ktorý tvorí prílohu tejto práce.

V Brne dňa

Michal Ržonca

POĎAKOVANIE

Ďakujem týmto Ing. Jánovi Pavlíkovi, Ph.D. za cenne pripomienky a rady, ktoré mi poskytol pri vypracovaní záverečnej práce.

Podpis

Obsah

ÚVOD	11
1. Hlavné časti sústruhu na drevo.....	12
1.1. Základné časti sústruhu	12
1.1.1. Lože.....	12
1.1.2. Vretenník s vretenom	12
1.1.3. Suport s podpierkou na dláto.....	13
1.1.4. Koník.....	14
1.1.5. Elektromotor.....	14
1.1.6. Prevodové ústrojenstvo	15
2. Prieskum trhu	15
2.1. Produkty dostupné na trhu.....	15
2.1.1. Holzmann D460FXL.....	15
2.1.2. Holzstar DB450.....	17
2.1.3. Bernardo DM 450.....	18
2.1.4. Gude 1000	19
2.1.5. Asist AE4S35WN	20
2.1.6. Scheppach DMT 460T	21
2.1.7. Metabo HDM 1000	22
3. Varianty návrhových riešení	23
3.1. Návrhové riešenie s využitím odlievaného lože a frekvenčným meničom	23
3.2. Návrhové riešenie s využitím zvaraného lože a variátora	23
3.3. Návrhové riešenie s využitím lože na posuvných tyčiach.....	24
3.4. Porovnanie návrhových riešení	24
4. Zvolené konštrukčné riešenie a výpočtová správa	24
4.1. Konštrukčné riešenie jednotlivých uzlov	24
4.1.1. Nosná konštrukcia sústruhu	24

4.1.2.	Vretenník s vretenom	25
4.1.3.	Suport	26
4.1.4.	Koník.....	27
4.1.5.	Elektromotor a klinový prevod.....	28
4.2.	Výpočtová správa	29
4.2.1.	Návrh hriadeľa a ložísk	29
4.2.2.	Kontrola pera pre otlačenie:	32
4.2.3.	Kontrola kritických miest na hriadeľi	32
4.2.4.	Výpočet trecej sily aretácie suportu a koníku.....	35
4.2.5.	Výpočet priehybu a rezonancie posuvných tyčí.....	35
4.2.6.	Stanovenie výpočtových priemerov stupňovitých remení.....	35
4.2.7.	Výpočet výkonu prenášaného na vreteno.....	36
	Záver a zhodnotenie	36
	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	38
	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK	39
	ZOZNAM OBRÁZKOV.....	41
	ZOZNAM TABULIEK.....	42
	ZOZNAM PRÍLOH	43

ÚVOD

Drevo je jedným z najpoužívanějších polotovarov. Jeho veľkou výhodou je jeho ľahká obrobiteľnosť. Jedným z najčastejších spôsobov obrábania je sústruženie. Sústruhy na drevo sú zväčša jednoduchšej konštrukcie ako sústruhy na kov, miesto suportu s nožom je tu držiak na dláto a sústružník vytvára tvary pohybom dláta v ruke. Tieto sústruhy sa delia na stolné a sústruhy s podstavcom. Stolné sústruhy sa upínajú na stôl, sú menšie, majú menšie výkony a nie je na nich možné obrábať také veľké polotovary. Sústruhy s podstavcom majú lože s podstavcom, nevyžadujú teda už žiadny podstavec a montáž je priamo do podlahy. Takáto konštrukcia je robustnejšia, sústruhy majú motory s väčším výkonom a je na nich možné obrábať aj veľké guľatiny alebo iné polotovary. Otáčky môžu byť regulované buď skokovito, pomocou klinového remeňa a remeníc, prípadne použitím motora s variabilným počtom pólov. Môžu byť regulované aj plynule, buď pomocou variátora alebo frekvenčného meniča. Sústruhy môžu mať rôzne stupne automatizácie. Môžu byť doplnené o kopírovacie zariadenie, prípadne môžu byť plne automatizované a ich osy doplnené o pohony, či už za pomoci krokových motorov alebo servomotorov. Takéto konštrukcie sa už však viacej podobajú Konštrukciám sústruhov na kovy, preto sa im v mojej práci budem venovať len okrajovo. V prvej časti by som chcel spraviť rešeršu sústruhov s podobnými parametrami ponúkaných konkurenciou, zhodnotiť výhody a nevýhody daných riešení a následne podľa ponuky trhu voliť parametre môjho konštrukčného riešenia. Zamerám sa hlavne na cenovo dostupné riešenia, a tie na českom a slovenskom trhu ponúkajú hlavne firmy Bernardo, Holzmann, Holzstar, Gude, Scheppach, Asist a Metabo.

1. Hlavné časti sústruhu na drevo

V úvode som zhrnul všetky časti a varianty konštrukčných častí sústruhu, v tejto časti sa pozriem na hlavné časti samostatne, s priloženými obrázkami a popismi.

1.1. Základné časti sústruhu

Sústruh sa skladá z týchto častí:

- a) Lože
- b) Vretenník s vretenom
- c) Suport s podpierkou na dláto
- d) Koník
- e) Elektromotor
- f) prevodové ústrojenstvo

1.1.1. Lože

Lože tvorí vo väčšine prípadov konštrukčný základ sústruhu. Upína sa ku stolu, a naň sa uchyťávajú ostatné časti sústruhu. Môže byť liatinové alebo zvárané. Liatinové lože je drahšie na výrobu ako lože zvárané, avšak vo veľkých sériách už tento rozdiel nie je až taký markantný. Nespornou výhodou je jeho tuhosť, preto sa zväčša vyskytuje u väčších a drahších sústruhov. V ojedinelých prípadoch je lože nahradené posuvnými tyčami, ktoré sú uchytené na vretenníku a na konzole v zadnej časti sústruhu.



Obrázok 1-1 Lože sústruhu [1]

1.1.2. Vretenník s vretenom

V tejto časti drevoobrábacích sústruhov býva uložené vreteno na zväčša jednom páre ložísk, ktoré zachytávajú radiálne aj axiálne zaťaženie. Na jednej strane býva uchytené

skľučovadlo pomocou závitú alebo hrot pomocou Morse kužľa. Na druhej strane býva remenica a vreteno je s elektromotorom spojené klinovým remeňom, ktorý tlmi kmity a neprenáša ich z vretena na elektromotor. V prípade drevoobrábacích sústruhov nie je vo vretenníku prevodovka tak ako v prípade kovoobrábacích sústruhov, regulácia otáčok je realizovaná buď pomocou frekvenčného meniča, variátoru alebo viacstupňovej remenice.



Obrázok 1-2 Vreteno a vretenník sústruhu [2]

1.1.3. Suport s podpierkou na dláto

Suport sa posúva po lože, na ktoré sa pri obrábaní aretuje, a umožňuje aj posuv podpierky v smere kolmom na osu rotácie obrobku. Vďaka tomu má obsluha možnosť umiestniť si podpierku do správnej vzdialenosti od obrobku. Podpierka býva nastaviteľná aj výškovo, tak isto je možné nastaviť aj jej natočenie a aretuje sa na suport aretačným šróbom.



Obrázok 1-3 Suport sústruhu [3]

1.1.4. Koník

Koník sa tak isto posúva po lože, v smere rovnobežnom s osou rotácie obrobku, a pri obrábaní je nutné ho zaaretovať. Má pinolu do ktorej je pomocou Morse kužeľa možné upevniť nástroje (vrtáky, hrot,...). Pinola máva výsuv a tak isto ju je možné vo vysunutom stave aretovať. Pinola pomocou hrotu vyvodí axiálnu silu a tým pritlačí obrobok na vreteno, čím zabráni jeho uvoľneniu pri obrábaní.



Obrázok 1-4 Koník sústruhu [4]

1.1.5. Elektromotor

Pohon sústruhu býva realizovaný pomocou elektromotoru ktorý je cez remenicu klinový remeň pripojený na vreteno. Elektromotor môže jednofázový alebo trojfázový, s reguláciou otáčok alebo bez. Regulácia môže byť realizovaná frekvenčným meničom alebo variátorom. Elektromotor môže byť dvoj pólový alebo viacpólový, čím umožňuje aj skokovitú zmenu otáčok.

1.1.6. Prevodové ústrojenstvo

Prevodové ústrojenstvo zabezpečuje zmenu otáčok a prenos krútiaceho momentu z výstupného hriadeľa elektromotoru na vreteno. Môže byť realizovaný klinovým remeňom alebo cez ozubené kolá. Nespornou výhodou klinového remeňa je tlmenie rázov vznikajúcich pri obrábaní, preto sa nachádza v takmer všetkých variantách riešenia. Ku zmene otáčok môže dôjsť dvoma spôsobmi, a to buď zmenou otáčok elektromotoru alebo zmenou prevodového pomeru. V prvom prípade je na to vyžadovaný frekvenčný menič (v prípade trojfázového elektromotoru) alebo variátor (v prípade jednofázového elektromotoru). V oboch prípadoch sa jedná o plynulú zmenu otáčok. Skokovitú zmenu otáčok je možné doceliť zmenou počtu pólov elektromotora, ak takouto funkciou elektromotor disponuje. V druhom prípade musí obsluha zmeniť prevodový pomer medzi výstupným hriadeľom elektromotora a vretena. Takáto zmena je možná buď pomocou prevodovky s ozubenými kolami (táto varianta sa takmer vôbec nevyužíva pri malých drevoobrábacích strojoch) alebo stupňovitou remenicou a klinovým remeňom. Často výrobcovia využívajú kombináciu dvoch alebo viacerých spôsobov zmeny výstupných otáčok, vždy však záleží na cenovke konkrétneho sústruhu. Obecne platí, že čím drahší stroj, tým plynulejšia regulácia a väčší rozsah otáčok.

2. Prieskum trhu

2.1. Produkty dostupné na trhu

2.1.1. Holzmann D460FXL

Stolný sústruh s liatinovým lôžkom, ktoré zaručuje dostatočnú tuhosť stroja. Tento 36 kg vážiaci sústruh je vybavený asynchrónnym elektromotorom napájaným zo siete 230V. Podľa typu zaťaženia dosahuje výkon: pri S1 500W, pri S6 770W. Elektromotor je vybavený variátorom ktorý umožňuje plynulú zmenu otáčok od 650 min^{-1} do 3800 min^{-1} . Tak isto disponuje digitálnym odpočtom otáčok. Sústruh má vzdialenosť medzi hrotmi 457 mm a výšku hrotu nad lôžkom 153 mm, takže umožňuje obrábať polotovary do $\varnothing 300 \text{ mm}$. Sústruh má vretenník typu M33x3,5 podľa DIN800 a upínací kužel pinoly MK2. Posuv pinoly je 50 mm. Všetky tieto údaje sú taktiež uvedené v tabuľke. [5]



Obrázok 2-1 Holzmann D460FXL [5]

Tabuľka vlastností sústruhu		
Príkon elektromotora	W	770
Typ lôžka	-	Liatinové
Typ regulácie otáčok	-	Plynulá
Rozsah otáčok	min ⁻¹	650 – 3800
Max. točná dĺžka	mm	457
Max točný priemer	mm	306
Závit vretenníku	-	M33x3,5
Kužel pinoly	-	MK2
Výsuv pinoly	mm	50
Hmotnosť	Kg	33
Cena	Eur	379

Tabuľka 2-1 Parametre sústruhu Holzmann D460FXL [5]

2.1.2. Holzstar DB450

Tento typ sústruhu má taktiež liatinové lôžka, avšak proti sústruhu Holzmann má stupňovitú zmenu otáčok pomocou klinového remeňa. Otáčky je možné meniť v rozsahu 680-2800 min⁻¹. Sústruh je nutné napojiť do siete 230V a elektromotor poskytuje príkon 370W. Sústruh má vzdialenosť medzi hrotmi 450 mm a výšku hrotu nad lôžkom 127 mm. Lože sústruhu je možné predĺžiť pomocou prídavného liatinového lôžka, a tak sa vzdialenosť medzi hrotmi zvýši až na 1000 mm. Vretník je tak isto ako v prvom prípade normovaný, má na sebe závit M33x3,5. Sústruh má pinolu s upínacím kužeľom MK2 a zdvihom 50 mm. [4]



Obrázok 2-2 Holzstar DB450 [4]

Tabuľka vlastností sústruhu		
Príkon elektromotora	W	370
Typ lôžka	-	Liatinové
Typ regulácie otáčok	-	stupňovitá
Rozsah otáčok	min ⁻¹	680 – 2800
Max. točná dĺžka	Mm	450
Max točný priemer	Mm	254
Závit vretníku	-	M33x3,5
Kužel pinoly	-	MK2
Výsuv pinoly	Mm	50
Hmotnosť	Kg	38

Cena	Eur	250
------	-----	-----

Tabuľka 2-2 Parametre sústruhu Holzstar DB450 [4]

2.1.3. Bernardo DM 450

Sústruh nemeckej značky Bernardo sa nijako výrazne nelíši, nemci stavili na rokmi overenú klasiku, liatinové lôžko, zmena otáčok pomocou klinového remeňa, vďaka čomu sústruh poskytuje 5 rýchlostí, od 500 do 3200 min⁻¹. Tak isto je určený do siete 230V, čo umožňuje jeho použitie aj v menších dielňach. Disponuje elektromotorom s príkonom 500W a na vreteno sa dostáva výkon 370W. Vzďialenosť medzi hrotmi je 420 mm a točný priemer 260 mm. Tak isto je ho možné predĺžiť prídavným lôžkom až na 980 mm. Točný priemer nad lôžkom 260mm. Vretenník má závit M33x3,5. Pinola sústruhu má upínací kužel MK2, výsuv 50 mm. [1]



Obrázok 2-3 Bernardo DM 450 [1]

Tabuľka vlastností sústruhu		
Príkon elektromotora	W	500
Typ lôžka	-	Liatinové
Typ regulácie otáčok	-	stupňovitá
Rozsah otáčok	min ⁻¹	500 – 3200
Max. točná dĺžka	mm	420
Max točný priemer	mm	260
Závit vretenníku	-	M33x3,5
Kužel pinoly	-	MK2
Výsuv pinoly	mm	50

Hmotnosť	Kg	33
Cena	Eur	285

Tabuľka 2-3 Parametre sústruhu Bernardo DM 450 [1]

2.1.4. Gude 1000

Tento sústruh sa líši od predchádzajúcich najmä tým, že lôžko nie je z liatiny, ale zo zvarovanej konštrukcie, čo znižuje cenu sústruhu najmä pri nižšom počte vyrobených kusov. Zmena otáčok je stupňovitá, pomocou klinového remeňa. Disponuje 4 rýchlostnými stupňami od 750 do 2089 min⁻¹. Sústruh je určený do siete 230V a je osadený motorom s výkonom 370W. Vretník má závit M33x3,5. Točná dĺžka sústruhu je 1000 mm a točný priemer 320mm. Koník s upínacím kužeľom MK2 a výsuvom 50 mm. Aj napriek väčšej točnej dĺžke dosahuje tento sústruh nižšej hmotnosti a ceny, čo je najmä zásluhou zvarovanej konštrukcie, avšak za cenu horšieho tlmenia vibrácií a nižšej tuhosti. [2]



Obrázok 2-4 Gude 1000 [2]

Tabuľka vlastností sústruhu		
Príkon elektromotora	W	370
Typ lôžka	-	Zvárané
Typ regulácie otáčok	-	stupňovitá
Rozsah otáčok	min ⁻¹	750 – 2089
Max. točná dĺžka	mm	1000
Max točný priemer	mm	320
Závit vretníku	-	M33x3,5

Kužel pinoly	-	MK2
Výsuv pinoly	mm	50
Hmotnosť	Kg	28
Cena	Eur	149

Tabuľka 2-4 Parametre sústruhu Gude 1000 [2]

2.1.5. Asist AE4S35WN

Ďalší zo sústruhov so zvarovanou konštrukciou. Zmena otáčok je realizovaná stupňovite pomocou klinového remeňa. Sústruh poskytuje 4 rýchlostné stupne, od 810 do 2480 min^{-1} . Sústruh je určený do siete 230V a jeho elektromotor má príkon 350 W. Vretník má závit M33x1,5. Sústruh má aj koníka s upínacím kužeľom MK2 a výsuvom 50 mm. Točná dĺžka sústruhu je 970 mm. Točný priemer je 350 mm. [6]



Obrázok 2-5 Asist AE4S35WN [6]

Tabuľka vlastností sústruhu		
Príkon elektromotora	W	350
Typ lôžka	-	Zvárané
Typ regulácie otáčok	-	Stupňovitá
Rozsah otáčok	min^{-1}	810 – 2480
Max. točná dĺžka	mm	970
Max točný priemer	mm	350
Závit vretníku	-	M33x1,5

Kužel pinoly	-	MK2
Výsuv pinoly	mm	50
Hmotnosť	Kg	35
Cena	Eur	120

Tabuľka 2-5 Parametre sústruhu Asist AE4S35WN [6]

2.1.6. Scheppach DMT 460T

Sústruh od firmy scheppach využíva liatinové lôžko. Sústruh má plynulú reguláciu otáčok pomocou variátora, ktoré sa dajú nastaviť v rozsahu od 650 do 3000 min⁻¹. Rovnako ako všetky predchádzajúce, je určený do siete 230V. Elektromotor má príkon 550W. Vretník má závit M33x1,5, Koník má upínací kužel MK2 a výsuv 50 mm. Točná dĺžka je 457 mm a točný priemer 305 mm. [3]



Obrázok 2-6 Scheppach DMT 460T [3]

Tabuľka vlastností sústruhu		
Príkon elektromotora	W	550
Typ lôžka	-	Liatinové
Typ regulácie otáčok	-	Plynulá
Rozsah otáčok	min ⁻¹	650 – 3000
Max. točná dĺžka	mm	457
Max točný priemer	mm	305
Závit vretníku	-	M33x1,5

Kužel pinoly	-	MK2
Výsuv pinoly	mm	50
Hmotnosť	Kg	35
Cena	Eur	323

Tabuľka 2-6 Parametre sústruhu Scheppach DMT 460T [3]

2.1.7. Metabo HDM 1000

Tento sústruh sa už na prvý pohľad odlišuje od konkurencie. Nemá liatinové, ani zvarované lôžko, ale vretenník aj koník sú uložené na posuvných tyčiach, ktoré sú na oboch stranách uchytané do liatinových nožičiek sústruhu. Ostatnými parametrami sústruh však až tak neohúri. Má stupňovitú zmenu otáčok v rozsahu od 700 do 2200 min⁻¹. Je určený do siete 230V, elektromotor poskytuje príkon 450W. Vretenník má závit M20x1,5. Koník s upínacím kužeľom MK3 a zdvihom 50 mm. Maximálna točná dĺžka 1000mm, maximálny točný priemer 320 mm. [7]



Obrázok 2-7 Metabo HDM 1000 [7]

Tabuľka vlastností sústruhu		
Príkon elektromotora	W	450
Typ lôžka	-	Na posuvných tyčiach
Typ regulácie otáčok	-	Stupňovitá
Rozsah otáčok	min ⁻¹	700 - 2200
Max. točná dĺžka	mm	1000
Max točný priemer	mm	320

Závit vretenníku	-	M20x1,5
Kužel pinoly	-	MK3
Výsuv pinoly	Mm	50
Hmotnosť	Kg	32
Cena	Eur	605

Tabuľka 2-7 Parametre sústruhu Metabo HDM 1000 [7]

3. Varianty návrhových riešení

Z dostupných konštrukčných riešení na trhu môžeme vybrať tieto tri základné možnosti riešenia lože sústruhu: odlievané lože, zvárané lože a lože na posuvných tyčiach. Tak isto môžeme rozdeliť na dva typy reguláciu otáčok používanú v cenovom rozsahu a s požadovanými parametrami podľa zadania: stupňovitá regulácia pomocou klinového remeňa a viacstupňovej remenice, regulácia pomocou variátora doplnená klinovým remeňom a viacstupňovou remenicou. Regulácia pomocou frekvenčného meniča sa pri tomto type sústruhov nevyužíva, keďže ide o cenovo náročnú záležitosť a zdvihla by cenu sústruhu niekoľkonásobne. pohon všetkých sústruhov je riešený pomocou jednosmerného elektromotora, aby bolo možné sústruh používať aj v malých dielňach bez prívodu 380V napájania. Ako hlavné parametre pre výber sústruhu by som si vybral cenu, schopnosť tlmiť vibrácie a skladnosť, teda ako dobre je možné sústruh rozobrať a prepraviť na iné miesto.

3.1.Návrhové riešenie s využitím odlievaného lože a frekvenčným meničom

Pri tejto variante by som využil ako základ sústruhu odlievané lože, ktoré je cenovo síce najnáročnejšie, ale na druhej strane najlepšie tlmi vibrácie. Pre reguláciu otáčok by som využil frekvenčný menič doplnený trojstupňovou remenicou. Takýto sústruh výborne tlmi vibrácie, je však cenovo náročný a jeho skladnosť je malá, nedá sa jednoducho rozobrať na menšie časti a prepraviť, je nutné použiť dodávku.

3.2.Návrhové riešenie s využitím zváraného lože a variátora

Pri tejto variante by som využil ako základ lože zvárané, ktoré je cenovo dostupnejšie ako lože odlievané, avšak menej tlmi vibrácie. Pre reguláciu otáčok by som použil variátor, doplnený o trojstupňovú remenicu, aby som zvýšil rozsah použiteľných otáčok. Toto riešenie nie je cenovo náročné, poskytuje však malé tlmenie vibrácií. Sústruh však nie je príliš vhodný k častej preprave, vyžaduje totiž väčšiu demontáž ale väčšie auto.

3.3. Návrhové riešenie s využitím lože na posuvných tyčiach

Toto konštrukčné riešenie je zlatou strednou cestou pri kompromise medzi cenou a schopnosťami tlmiť rázy. Odliatky nie sú až také veľké a náročné ako v prípade odlievaného lože, teda sú lacnejšie, avšak sústruh má vyššiu hmotnosť a poskytuje lepšie tľmenie rázov ako zvarané lože. Pre reguláciu otáčok som zvolil použitie trojstupňovej remenice, táto varianta poskytuje dostatočný rozsah na domáce príležitostné použitie, je najviacej trvácna a nie je nákladná. V prípade prepravy stačí uvoľniť posuvné tyče a sústruh je možné prepravovať aj v kufri osobného vozidla.

3.4. Porovnanie návrhových riešení

V priloženej tabuľke hodnotím jednotlivé varianty podľa zvolených kritérií, teda cenu, schopnosť tlmiť vibrácie a prepravnosť, teda ako dobre je možné sústruh rozobrať a prepraviť na iné miesto.

Vlastnosti	Návrhové riešenie s využitím odlievaného lože	Návrhové riešenie s využitím zvaraného lože	Návrhové riešenie s využitím lože na posuvných tyčiach
Cena	3	1	2
Schopnosť tlmiť vibrácie	1	3	2
Prepravnosť	2	3	1
Suma	6	7	5

Tabuľka 3-1 Porovnanie vlastností návrhových riešení

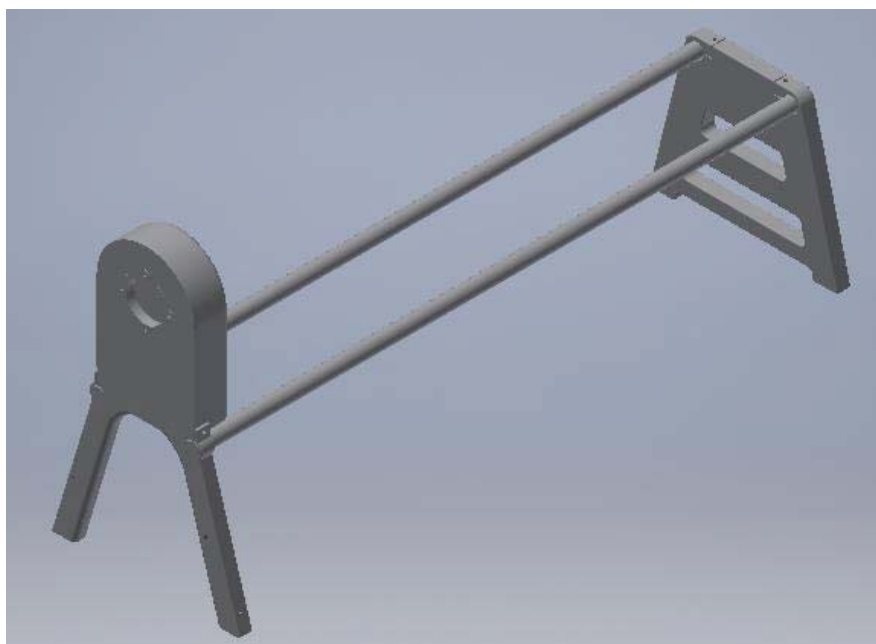
Z tabuľky možno vidieť, že podľa zvolených kritérií najlepšie vychádza sústruh s využitím lože na posuvných tyčiach. Na svoje konštrukčné riešenie si teda volím túto variantu.

4. Zvolené konštrukčné riešenie a výpočtová správa

4.1. Konštrukčné riešenie jednotlivých uzlov

4.1.1. Nosná konštrukcia sústruhu

Základ sústruhu budú tvoriť dve oceľové posuvné tyče priemeru 30 mm uchytané obojstranne do dvoch odliatkov. Na jednej strane má odliatok len podpornú funkciu, na strane druhej plní tento odliatok aj funkciu vretenníku a tak isto nesie aj elektromotor. Na posuvných tyčiach sa posúva suport aj koník. zmenou dĺžky posuvných tyčí je možné upravovať točnú dĺžku sústruhu podľa požiadaviek zákazníka, v mojom návrhu je riešenie upravené podľa parametrov zadania záverečnej práce.



Obrázok 4-1 Základ sústruhu

4.1.2. Vretenník s vretenom

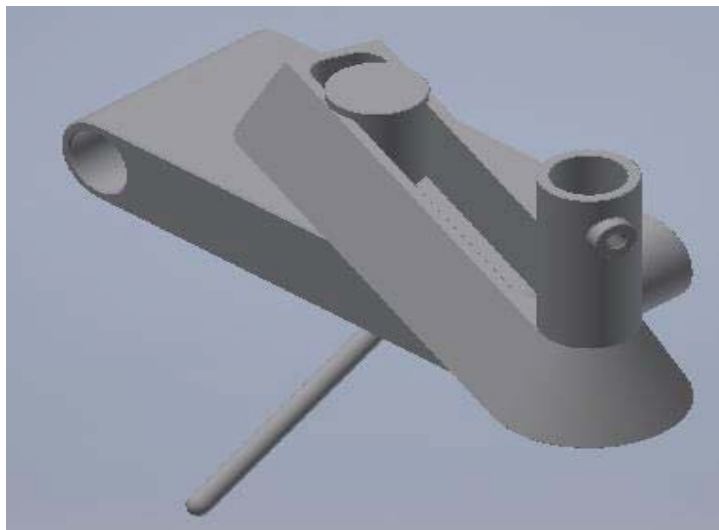
Vretenník je tvorený odliatkom, ktorého plochy sú následne obrábané podľa požiadavkou. z dôvodu zjednodušenia odliatku a a jeho obrábania sú ložiská uložené v dvoch menších odliatkoch, ktoré sú následne prichytené k hlavnej konštrukcii vretenníku šróbmi. Odliatok má otvory pre uchytanie posuvných tyčí a tým tvorí základ sústruhu. Na hlavnú konštrukciu vretenníku sa tak isto uchyťáva aj elektromotor, od ktorého sa krútiaci moment prenáša na vreteno pomocou klinového prevodu. Ten zabráňuje prenosu rázov na motor a tým predlžuje jeho životnosť. Napínanie remeňa je realizované pomocou páky, ktorá mení polohu elektromotoru vo vertikálnom smere. poloha tejto páky je aretovaná k hlavnej konštrukcii vretenníku. Vreteno tvorí dutý hriadeľ uložený vo vretenníku, uložený na dvoch dvojradých ložiskách s kosouhlým stykom, ktoré zachytávajú radiálne aj axiálne zaťaženie hriadeľa. hriadeľ má na konci závit M33x1,5 na uchytanie skľučovadla a Morse kužeľ na uchytanie hrotu. z druhej strany je na hriadeľ umiestnená viacstupňová remenica, ktorá prenáša na hriadeľ moment cez tesné pero. Za remenicu je cez pružný kolík uchytané ovládacie koliesko, ktoré slúži na ručné pootočené hriadeľa v prípade potreby. Nachádza sa až za krytovaním sústruhu a tak má obsluha k nemu prístup bez nutnosti demontáže krytovania. Dutina v hriadeľi je určená na vyrážanie nástrojov upnutých pomocou Morse kužeľa. Na hlavnú konštrukciu sa uchyťáva plechové krytovanie, ktoré má okrem estetickú funkciu aj bezpečnostnú funkciu, chráni totiž obsluhu v prípade pretrhnutia klinového remeňa. Kryt je zváraný z plechu a nie sú naňho kladené žiadne vysoké nároky z hľadiska presnosti. V kryte sa nachádza kruhovitý otvor cez ktorý prechádza vreteno s ovládacím kolieskom.



Obrázok 4-2 Vretenník s vretenom

4.1.3. Suport

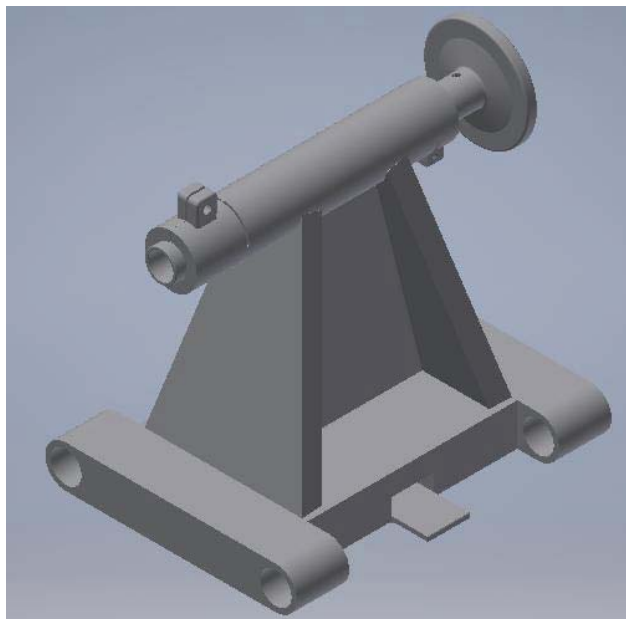
Táto časť je posuvne uložená na dvoch posuvných tyčiach, uloženie nie je na ložiskách ale na otvoroch s tolerovanými rozmermi, keďže pri sústruhoch na drevo nie je nutné nastavovať polohu suportu v prípade že je zaťažený silou od obrábania. Jeho poloha sa aretuje pritiahnutím plochej tyče k posuvným tyčiam, čím sa vďaka tretej sile jeho poloha zaistí. Suport tak isto umožňuje nastaviť vzdialenosť podpierky na dláto od osy rotácie obrobku. Aretácia celého suportu je realizovaná šróbom s ovládacou pákou, aby bola obsluha jednoduchá a nevyžadovala špeciálne náradie.



Obrázok 4-3 Suport

4.1.4. Koník

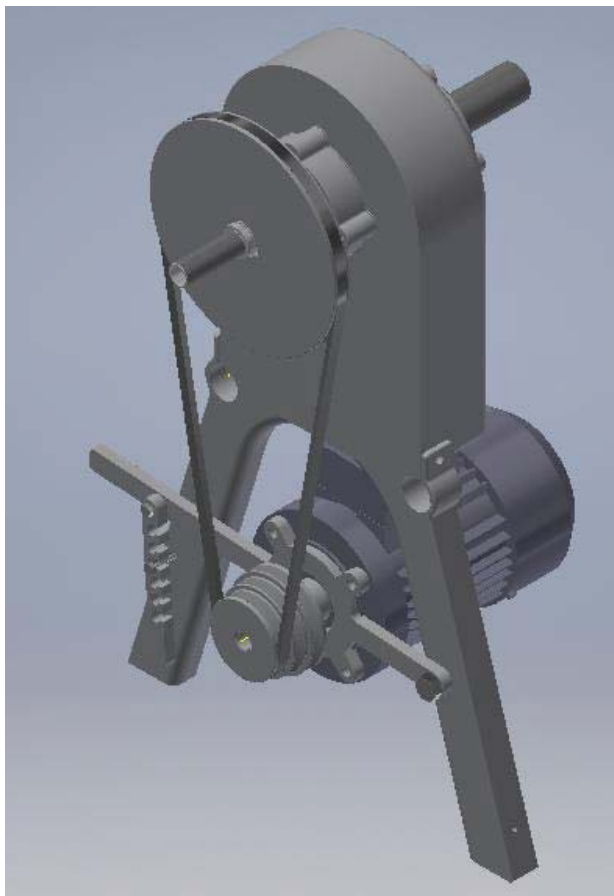
Nosný základ tvorí odliatok, ktorý je posuvne uložený na tyčiach, rovnako ako v prípade suportu budú stačiť tolerované rozmery otvorov a nie je nutné používať lineárne vedenia. Aretuje sa pritiahnutím plochej tyče k posuvným tyčiam čím sa vyvodí trecia sila ktorá zamedzí jeho pohybu v smere osy rotácie. V koníku je umiestená výsuvná pinola ktorá má na konci Morse kužeľ pre upnutie nástrojov. Výsuv pinoli je 100 mm a pri jej plnom zasunutí dôjde k vyrazeniu nástroja z Morse kužeľa. Je možné ju aretovať zovretím do hlavného odliatku a jej výsuv je nastaviteľný ovládacím kolieskom, ktoré je na hriadeľ umiestnené cez pružný kolík. Na tomto hriadeľi sa nachádza trapézový závit, ktorého otáčaním dochádza k vysúvaniu pinoli. Hriadeľ je uložený na guľôčkovom ložisku s kosoúhlým stykom. Rotácií pinoli zabraňuje kolík umiestnený v drážke v nosnej konštrukcii koníka.



Obrázok 4-4 Koník

4.1.5. Elektromotor a klinový prevod

Sústruh je poháňaný jednofázovým asynchrónnym elektromotorom. Podľa zadania má sústruh disponovať výkonom cca 500 W, táto hodnota by mala byť nameraná na konci vretena, takže je nutné pripočítať straty v ložiskách a v klinovom prevode. Regulácia otáčok vretena bude stupňovitá pomocou trojstupňového klinového prevodu. Frekvenčný menič som vylúčil z dôvodu vysokej ceny a variátor z dôvodu nízkej účinnosti. Počet prevodov volím s ohľadom na použitie, keďže sa jedná o sústruh na domáce a príležitostné použitie, volím 3 prevodové stupne. Po zarátaní strát volím dvojpólový jednofázový elektromotor od českej firmy EMP Slavkov u Brna, JMC80-2S-0,75kW-2800ot, ktorý disponuje výkonom 0,75 kW pri otáčkach 2800 1/min. Z dôvodu uchytenia elektromotoru volím prírubovú variantu. Výkon na vretene bude vyšší ako 500W, avšak v zadaní je len približná hodnota požadovaného výkonu. Presná hodnota výkonu na vretene je v ďalšej časti práce, vo výpočtovej správe. [8]

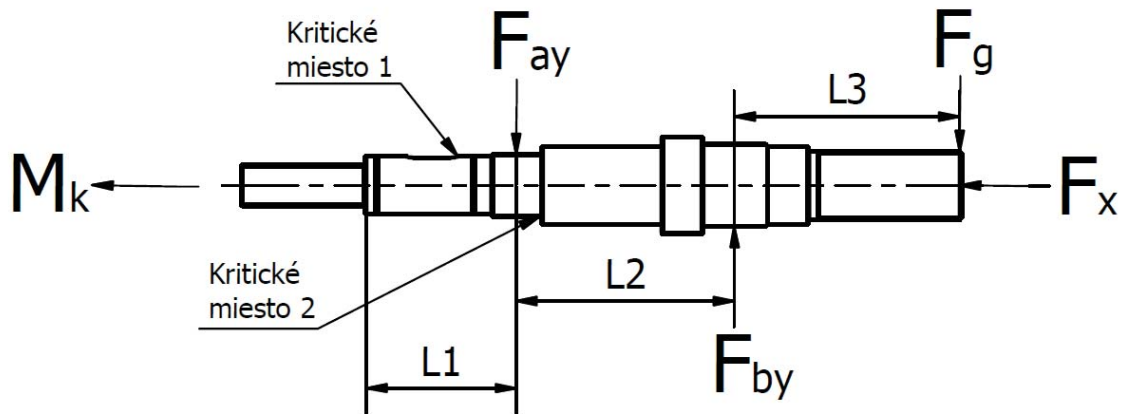


Obrázok 4-5 Elektromotor a klinový prevod

4.2. Výpočtová správa

4.2.1. Návrh hriadeľa a ložísk

Hriadeľ je namáhaný na ohyb a na krut. Sila ktorá namáha hriadeľ na ohyb je spôsobená hmotnosťou obrobku. Maximálnu hmotnosť môžeme približne určiť z jeho maximálnych rozmerov (z požadovanej točnej dĺžky a maximálneho točného priemeru) a z maximálnej hmotnosti dreva.



Obrázok 4-6 Silové zaťaženie vretena

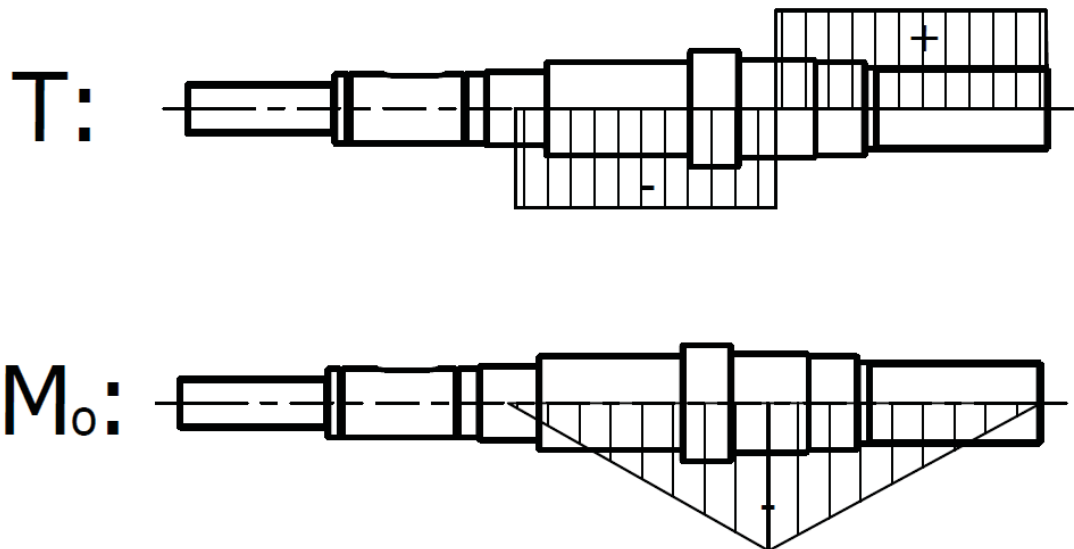
točná dĺžka: $l = 0,75 \text{ m}$

točný priemer $d = 0,3 \text{ m}$

maximálna hustota dreva $\rho_{\max} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$$F_g = \frac{\pi d^2}{4} l \rho g = 416 \text{ N} \quad \left[g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

radiálne zaťaženie ložísk:



Obrázok 4-7 VVU

$$\sum y = 0 \quad F_B - F_A - F_g = 0$$

$$\sum M_B = 0 \quad F_G l_1 - F_a l_2 = 0$$

odhadujem základné rozmery hriadeľa: $l_1 = l_2 = l_3 = 100 \text{ mm}$

$$F_A = F_G \frac{l_1}{l_2} = 416 \text{ N (pre výpočet zaťaženia ložísk použijem hodnotu } F_A = 500 \text{ N)}$$

$$F_B = F_A + F_G = 832 \text{ N (pre výpočet zaťaženia ložísk použijem hodnotu } F_B = 1000 \text{ N)}$$

axiálne zaťaženie ložísk:

Axiálne zaťaženie vzniká upnutím obrobku medzi hroty, je vyvodená rukou cez ovládacie koliesko a prenášaná posuvným šróbom z koníka na obrobok a na vreteno. Axiálne zaťaženie sa prenáša na ložiská, ktoré ho zachytávajú. V závislosti od presnosti, montáže a priebehu obrábania môžu toto zaťaženie zachytávať striedavo obidve ložiská, preto naň budem dimenzovať každé zvlášť. Pre výsuv koníka použijem závit TR12x1,5 [9]

$$\text{odhadovaná sila vyvodená rukou: } F_1 = 50 \text{ N}$$

$$\text{posuv šróbu } x_s = 1,5 \text{ mm; odhadovaný polomer ovládacieho koliečka je } r_1 = 5 \text{ cm}$$

$$W_1 = W_2$$

$$F_1 2\pi r_1 = F_2 S_2$$

$$F_2 = \frac{F_1 2\pi r_1}{x_s} = 1047 \text{ N [9]}$$

$$\text{(pre výpočet axiálneho zaťaženia ložísk použijem hodnotu } F_2 = 1000 \text{ N)}$$

Pri výpočte zaťaženia ložísk použijem SKF kalkulator. Je nutné však aj uvážiť že v hriadeľi musí byť dutina na vyrážanie nástrojov a tak isto musí byť vonkajší rozmer ložísk uspokojený ich montáží. Ložiská sú nalisované na hriadeľ a následne sú vsunuté do vretenníku, teda vonkajší rozmer ložiska A musí byť menší ako najmenšia montážny rozmer ložiska B, aby bolo možné hriadeľ vsunúť do vretenníku.

Volím tieto ložiská:

Ložisko A: SKF 3206 A-2RS1

Power loss: 37 W

Fricional moment: 119 Nm

Životnosť: $>10^6 \text{ h}$

Vnutorný priemer: $d=30 \text{ mm}$

Vonkajší priemer: $D=62$ mm
Šírka ložiska: $B=23,8$ mm [10]

Ložisko B: SKF 3208 A-2RS1
Power loss: 62 W
Frictional moment: 198 Nm
Životnosť: $>10^6$ h
Vnútorý priemer: $d=40$ mm
Vonkajší priemer: $D=80$ mm
Šírka ložiska: $B=30,2$ mm [10]

Materiál hriadeľa:

Pre hriadeľ volím tento materiál: oceľ 1.0553, $R_m=440$ MPa, $R_e=370$ MPa [11]

4.2.2. Kontrola pera pre otláčenie:

Predpokladaný prenášaný výkon na remenici: 700 W

Predpokladaný rozsah otáčok: 500-3000 Nm

materiál remenice: zlievarenská liatina AlSiMg $p_o = 70$ MPa

Zaťaženie: jednosmerné zaťaženie, veľké rázy $p_d = 0,6p_o = 42$ MPa

Krútiaci moment prenášaný na vreteno: $M_{kmax} = \frac{P}{2\pi f_{min}} = 13,37$ Nm

Pre kontrolu volím kontrolu na remenici, keďže je väčšia a bezpečnosť tu bude dosahovať nižších hodnôt. V tejto časti budem postupovať inverzne, teda si najskôr zvolím návrhovú bezpečnosť a podľa nej určím dĺžku pera, ostatné rozmery pera sú stanovené priemerom hriadeľa $\Phi 28$ mm ($b \times h = 8$ mm \times 7 mm). Návrhový súčiniteľ $k=2$.

$$F = \frac{M_{kmax}}{r} = 955 \text{ N}$$

$$p = \frac{F}{a(l-b)} = \frac{\frac{M_{kmax}}{r}}{a(l-b)}$$

$$l = \frac{M_{kmax}}{ar \frac{p_d}{k}} + b = 23,38 \text{ mm}$$

Volím teda pero tesné 7 e7 \times 8 \times 25 ČSN 02 2562 [12]

4.2.3. Kontrola kritických miest na hriadeľi

Kritické miesto 1:

Kontrola MSP podľa HMM

Vlastnosti hriadeľa podľa geometrie v kritickom mieste:

$$d = 10 \text{ mm}$$

$$D = (28 \text{ mm} - 2 * 4,1 \text{ mm}) = 19,8 \text{ mm}$$

$$r = 0,4 \text{ mm}$$

$$\frac{D_h}{d_h} = 1,41 \quad \frac{r}{d_h} = 0,02 \quad \alpha_\tau = 2,2$$

$$\sigma_o = \frac{32M_o d}{\pi(D^4 - d^4)} = 0 \text{ pretože } M_o = 0 \text{ Nm}$$

$$\tau_k = \frac{16M_k d}{\pi(D^4 - d^4)} = 4,739 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{(\sigma_o \alpha_\sigma)^2 + 3(\tau_k \alpha_\tau)^2} = 18,06 \text{ MPa}$$

$$k = \frac{Re}{\sigma_{red}} = 20,49$$

kontrola MSP podľa Langerovho kritéria

$$\beta = \frac{\alpha}{\frac{(\alpha - 1) \sqrt{a}}{\alpha \sqrt{r}}} = 1,197$$

$$\beta_\tau = \alpha_\tau \beta = 2,63$$

$$a = \frac{104}{Rm} = 0,236$$

$$\sigma_a = \sigma_o \beta_\sigma = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = \sqrt{3} \tau_k \beta_\tau = 21,62 \text{ MPa}$$

$$k_{lang} = \frac{Re}{\sigma_a + \sigma_m} = 17,11$$

Kritické miesto 2

Kontrola MSP podľa HMH

Vlastnosti hriadeľa podľa geometrie v kritickom mieste:

$$d = 10 \text{ mm}$$

$$D = 38 \text{ mm}$$

$$r = 1 \text{ mm}$$

$$D_h = 40 \text{ mm}$$

$$d_h = 38 \text{ mm}$$

$$\frac{D_h}{d_h} = 1,05 \quad \frac{r}{d_h} = 0,026$$

$$\alpha_\sigma = 2,1 \quad \alpha_\tau = 1,4$$

$$M_o = F_A \left(l_2 - \frac{b_B}{2} \right) = 36,65 \text{ Nm}$$

$$\sigma_o = \frac{32 M_o d}{\pi (D^4 - d^4)} = 1,799 \text{ MPa}$$

$$\tau_k = \frac{16 M_k d}{\pi (D^4 - d^4)} = 0,328 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{(\sigma_o \alpha_\sigma)^2 + 3(\tau_k \alpha_\tau)^2} = 3,86 \text{ MPa}$$

$$k = \frac{Re}{\sigma_{red}} = 95,8$$

Kontrola MSP podľa Langerovho kritéria:

$$a = \frac{139}{Rm} = 0,316$$

$$\beta = \frac{\alpha}{\frac{(\alpha - 1) \sqrt{a}}{\alpha \sqrt{r}}} = 1,197$$

$$\beta_\sigma = 1,32 \quad \beta_\tau = 1,06$$

$$\beta_{\sigma 4} = \alpha_\sigma \beta_\sigma = 2,772$$

$$\beta_{\tau 4} = \alpha_\tau \beta_\tau = 1,484$$

$$\sigma_a = \sigma_o \beta_{\sigma 4} = 4,987 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = \sqrt{3} \tau_k \beta_{\tau 4} = 0,843 \text{ MPa}$$

$$k_{lang} = \frac{Re}{\sigma_a + \sigma_m} = 63,46$$

Kontrola MSU podľa Gerberovho kritéria:

$$d_e = \sqrt{D_h^2 - d_h^2} = 12,49$$

$$k_b = 1,24d_e^{-0,107} = 0,946$$

$$\sigma_{co} = 0,504R_m = 221,76 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_{co} = \sigma_{co}k_b = 209,78 \text{ MPa}$$

$$k_{Gerb} = \frac{1}{2} \left(\frac{R_m}{\sigma_m} \right)^2 \frac{\sigma_a}{\sigma_{co}} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2\sigma_m\sigma_{co}'}{R_m\sigma_a} \right)^2} \right] = 41,80$$

4.2.4. Výpočet trecej sily aretácie suportu a koníku

Budem vychádzať z rovnakých predpokladov ako v prípade výpočtu prítlačnej sily pre koník, polomer páky budem uvažovať 10 cm a silu vyvedenú od obsluhy 100 N. Závit na páke: M8x1,25 [11]

$$W_3 = W_4$$

$$F_3 2\pi r_1 = 4S_4$$

$$F_2 = \frac{F_1 2\pi r_1}{x_{s2}} = 5027 \text{ N}$$

koeficient trenia ocel'-šedá liatina: $f = 0,4$

$$F_t = F_n f = 2\,011 \text{ N}$$

Táto sila je väčšia ako sila upnutia obrobku a teda bude postačovať ako na aretáciu suportu, tak aj na aretáciu koníka.

4.2.5. Výpočet priehybu a rezonancie posuvných tyčí

Keďže sa jedná o sústruh na obrábanie dreva, predpokladám že obsluha bude drevo sústružiť ručne za pomoci dláta. V takomto prípade sa nebude jednať o harmonické kmity, ktoré by mohli posuvné tyče rozkmitať. Ak by aj tento jav nastal, obsluha odtiahne dláto od obrobku a bude pokračovať v obrábaní po ustálení celej sústavy do kludovej polohy. V prípade priehybu tyčí, nie je priehyb pár desiatín milimetra ničím zásadným, keďže na sústruh nie sú kladené vysoké nároky z hľadiska obrábania a obsluha patrične mení svoj spôsob obrábania s prihliadaním na okolnosti vzniknuté počas obrábania.

4.2.6. Stanovenie výpočtových priemerov stupňovitých remení

Pri týchto výpočtoch budem vychádzať zo strojníckych tabuliek. Najskôr je však nutné stanoviť si požadované rýchlostné stupne. Otáčky motora sú $n_m = 2800 \text{ min}^{-1}$, požadované otáčky sú $n_1 = 2800 \text{ min}^{-1}$, $n_2 = 1400 \text{ min}^{-1}$, a $n_3 = 880 \text{ min}^{-1}$. Pre prenášaný

výkon 0,75 kW a požadované prevodové pomery je najmenší výpočtový priemer remenice stanovený podľa tabuliek $d=63$ mm. Tento priemer použijem pre najpomalší prevodový stupeň, pre ostatné použijem ďalšie vyššie výpočtové priemery z tabuliek, teda pre druhý stupeň $d_2=71$ mm a $d_3=80$ mm. Vo výpočtoch budem vychádzať z predpokladu že (kde hodnota bez čiarky predstavuje hodnotu na remenici motora a hodnota s čiarkou predstavuje hodnotu na remenici vretena):

$$v_1 = v_1'$$

$$\pi d_1 n_1 = \pi d_1' n_1'$$

$$d_1' = \frac{d_1 n_1}{n_1'}$$

Pre požadované otáčky dostávam následné páry výpočtových priemerov remeníc:

Prevodový stupeň	Priemer remenice na elektromotore	Požadované otáčky vretena	Priemer remenice na vretene
	d_1	n_1'	d_1'
1	63	880	200
2	71	1400	142
3	80	2800	80

Tabuľka 4-1 Tabuľka prevodov a výpočtových priemerov remeníc

4.2.7. Výpočet výkonu prenášaného na vreteno

Straty v ložiskách vretena a v klinovom remeni spôsobujú, že nie všetok výkon elektromotora sa preniesie na obrobok, ale časť sa premení na stratovú energiu, teda teplo. Účinnosť klinového prevodu sa pohybuje v rozmedzí 96%-98%, v závislosti na prevádzkových podmienkach, ja budem uvažovať spodnú hranicu tohto intervalu. Straty v ložiskách boli spočítané pomocou SKF kalkulátoru v kapitole 4.2.1. Výkon prenášaný na vreteno:

$$P_2' = 0,96P_1 = 720 \text{ W}$$

$$P_2 = P_2' - P_{sA} - P_{sB} = 621 \text{ W}$$

Požadovaný výkon v zadaní bol približne 500 W, túto hodnotu som prekročil, pretože sa mi nepodarilo nájsť vhodný 650 W elektromotor, preto som sa rozhodol že táto hodnota bude skôr vyššia, ako by som mal použiť slabší elektromotor. [13]

Záver a zhodnotenie

Na záver bakalárskej práce môžem konštatovať, že sa mi podarilo spracovať konštrukčné riešenie malého sústruhu na drevo podľa parametrov zadania a splniť aj ostatné ciele zadania. S odstupom času konštatujem, že návrh sústruhu nie je úplne dokonalý a vyžadoval by isté zmeny, najmä v oblasti odliatku vretenníku, ktorý by bolo treba viacej prepracovať tak, aby bol

lepšie vyrobiteľný. Avšak dovoľm si domnievať sa, že sústruh bude funkčný a pre potreby domácich kutilov, pre ktorých mal by mal byť primárne určený bude postačovať. Aj z tohto hľadiska som sa snažil spraviť konštrukciu čo najmenej údržbovú. Na sústruhu je možné aj v domácich podmienkach spraviť drobné úpravy, ako napríklad zmenu maximálnej točnej dĺžky podľa požiadaviek zákazníka. Sústruh má len jednoduchú reguláciu otáčok, avšak domnievam sa, že na domáce použitie to bude postačovať. Pri stanovovaní prevodových pomerov som sa inšpiroval na trhu dostupnými riešeniami, ktoré zväčša vychádzajú z rokmi overených skúsenosti konštruktérov. Rozhodol som sa nepoužiť gufero na utesnenie vnikania prachu a pilín do vretena, ale len malú vôľu medzi vretenom a vnútorným otvorom príruby, a to z dôvodu že ložiská samotné už utesnené sú, a po čase by mohlo dôjsť k poškodeniu gufera vplyvom času, na čo by väčšina domácich majstrov zareagovala jeho odstránením a nie nahradením, čím by vznikol veľký priestor pre vnik pilín do ložiska.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] „Bernardo DM 450,“ [Online]. Available: <https://www.boukal-naradie.sk/sustruh-na-drevo-bernardo-dm-450/>. [Cit. 23 5 2019].
- [2] „GUDE Typ 1000,“ [Online]. Available: <https://www.nay.sk/gude-typ-1000-sustruh-na-drevo-sada>. [Cit. 23 5 2019].
- [3] „Scheppach DMT 460T,“ [Online]. Available: <https://www.mall.sk/sustruhy/scheppach-soustruh-na-drevo-dmt-460-t>. [Cit. 23 5 2019].
- [4] „Holzstar DB450,“ [Online]. Available: <https://www.boukal-naradie.sk/sustruh-na-drevo-holzstar-db-450/>. [Cit. 23 5 2019].
- [5] „HOLZMANN D460FXL,“ [Online]. Available: <https://www.drevarskestroje.sk/sustruhd460fxl>. [Cit. 23 5 2019].
- [6] „Asist AE4S35WN,“ [Online]. Available: <https://www.hej.sk/sustruh-na-drevo-asist-ae4s35wn/>. [Cit. 23 5 2019].
- [7] „Metabo HDM 1000,“ [Online]. Available: <https://www.gebruikershandleiding.com/Metabo-HDM-1000/preview-handleiding-187876.html?page=0016>. [Cit. 23 5 2019].
- [8] „JMC80-2S-0,75kW-2800ot,“ [Online]. Available: <https://www.elektromotory.net/siemens/1lf7-ab-3000-otacek/elektromotor-em-brno-jmc80-2s-0-75kw-2800ot.html>. [Cit. 23 5 2019].
- [9] ČÁP, Ivo a Ľubomír KONRÁD. *Fyzika v zaujímavých úlohách: úlohy fyzikálnej olympiády kategórií A až D pre žiakov stredných škôl*. Bratislava: Iuventa, 2004, , 30. ISBN 80-8072-016-9.
- [10] „SkfBearingCalculator,“ [Online]. Available: <https://www.skf.com/cz/knowledge-centre/engineering-tools/skfbearingcalculator.html>. [Cit. 23 5 2019].
- [11] ŘASA, Jaroslav a Josef ŠVERCL. *Strojnické tabulky: pro školu a praxi*. Praha: Scientia, 2007. ISBN 978-80-86960-20-3.
- [12] SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a Jiří DVOŘÁČEK. *Základy konstruování*. Vydání šesté. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. ISBN 978-80-7204-921-9.
- [13] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš, ed. *Konstruování strojních součástí*. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTUUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

Symbol	Veličina	Jednotka
l	Točná dĺžka	[m]
d	Točný priemer	[m]
ρ_{\max}	Maximalna hustota dreva	[kg/m ³]
g	Gravitačné zrýchlenie	[m/s ²]
F_g	Tiažové sila obrobku	[N]
F_a	Zátťaž ložiska A	[N]
F_b	Zátťaž ložiska B	[N]
l_1	1. výpočtová dĺžka hriadeľa	[m]
l_2	2. výpočtová dĺžka hriadeľa	[m]
l_3	3. výpočtová dĺžka hriadeľa	[m]
F_1	Odhad sili pôsobiacej na koliesko	[N]
W_1	Práca na koliesku	[J]
W_2	Práca na skrutke	[J]
x_{δ}	Posuv šróbu	[m]
F_2	Sila na hrote koníka	[N]
r_1	Polomer ovládacieho kolieska	[m]
R_m	Medza pevnosti	[MPa]
R_e	Medza klzu	[MPa]
p_o	Povolený tlak	[MPa]
p_d	Prepočítaný dovolený tlak	[MPa]
p	Skutočný tlak	[MPa]
M_k	Krútiaci moment na vreteni	[Nm]
a	Hĺbka pera v náboji	[m]
l_p	Dĺžka pera	[m]
b	Šírka pera	[m]
D	Priemer hriadeľa	[m]
D_h	Veľký priemer v kritickom mieste	[m]
d_h	Malý priemer v kritickom mieste	[m]
M_o	Ohybový moment	[Nm]
k	Bezpečnosť	[-]
r	Polomer zaoblenia vrubu	[m]
α	Súčiniteľ vrubu	[-]
β	Súčiniteľ vrubu	[-]
$x_{\delta 2}$	Stúpanie závitú ovládacej páky	[m]
W_3	Práca na ovládacej páke	[J]
W_4	Práca na plochej tyči	[J]

F_3	Sila na ovládacej páke	[N]
F_4	Prítlačná sila plochej tyče	[N]
f	Koeficient trenia ocel'- ocel'	[-]
F_t	Trecia sila	[N]
v_1	obvod rých. na vstupnej remenici	[m/s]
v_1'	obvod rých. na výstupnej remenici	[m/s]
d_1	výpočtový priemer vstupnej remenice	[m]
d_1'	výpočtový priemer vystupnej remenice	[m]
n_1	otáčky vstupnej remenice	[1/min]
n_1'	otáčky výstupnej remenice	[1/min]
P_1	Príkon elektromotoru	[W]
P_2'	Príkon vretena	[W]
P_2	Výkon vretena	[W]

ZOZNAM OBRÁZKOV

- Obrázok 1-1 Lože sústruhu [1]
- Obrázok 1-2 Vreteno a vretenník sústruhu [2]
- Obrázok 1-3 Suport sústruhu [3]
- Obrázok 1-4 Koník sústruhu [4]
- Obrázok 2-1 Holzmann D460FXL [5]
- Obrázok 2-2 Holzstar DB450 [4]
- Obrázok 2-3 Bernardo DM 450 [1]
- Obrázok 2-4 Gude 1000 [2]
- Obrázok 2-5 Asist AE4S35WN [6]
- Obrázok 2-6 Scheppach DMT 460T [3]
- Obrázok 2-7 Metabo HDM 1000 [7]
- Obrázok 4-1 Základ sústruhu
- Obrázok 4-2 Vretenník s vretenom
- Obrázok 4-3 Suport
- Obrázok 4-4 Koník
- Obrázok 4-5 Elektromotor a klinový prevod
- Obrázok 4-6 Silové zaťaženie vretena
- Obrázok 4-7 VVU

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 2-1 Parametre sústruhu Holzmann D460FXL

Tabuľka 2-2 Parametre sústruhu Holzstar DB450

Tabuľka 2-3 Parametre sústruhu Bernardo DM 450

Tabuľka 2-4 Parametre sústruhu Gude 1000

Tabuľka 2-5 Parametre sústruhu Asist AE4S35WN

Tabuľka 2-6 Parametre sústruhu Scheppach DMT 460T

Tabuľka 2-7 Parametre sústruhu Metabo HDM 1000

Tabuľka 3-1 Porovnanie vlastností návrhových riešení

Tabuľka 4-1 Tabuľka prevodov a výpočtových priemerov remení

ZOZNAM PRÍLOH

Typ výkresu

Výkres zostavy
Výkres zostavy
Výrobný výkres
Výkres odliatku

Názov výkresu

Malý sústruh na drevo
Koník
Hriadeľ
Zadná konzola

Číslo výkresu

A2-ZBP-00
A2-ZBP-003
A3-ZBP-02
A3-ZBP-03